Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 2, Summer 2023, p. 577-588

Study the Changes of Some Water Relations and Net Photosynthesis of Three Iranian Melon Population (*Cucumis melo*) under Water Deficit Stress

N. Zeinali Pour[1*], F. Aghebati[2]

Received: 25-09-2022
Revised: 30-12-2022
Accepted: 31-12-2022
Available Online: 31-12-2022

How to cite this article:
Zeinali Pour, N., & Aghebati, F. (2023). Study the changes of some water relations and net photosynthesis of three Iranian melon population (*Cucumis melo*) under water deficit stress. *Journal of Horticultural Science*, *37*(2), 577-588. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2022.78942.1196

Introduction

Drought stress is one of the most common environmental stresses that limits agricultural production through disruption of physiological processes and reduces plant performance. Since in most parts of the world, including in Iran, melon plants and generally pumpkins are cultivated in hot and dry areas, and in these areas the main challenge is due to the limitation of suitable water for agriculture, the possibility of various types of stress, including water deficit stress (partial or severe) in the cultivation of these plants is relatively high. From this point of view, it seems necessary to study and know the tolerant cultivars and masses and ways to improve water management. Among the physiological characteristics, leaf water status, membrane stability, photosynthesis changes and related factors are of special importance in relation to tolerance of stressful conditions and especially dehydration. A review of scientific sources shows that due to the relative importance of melons among fruit vegetables, no comprehensive research has been done on the effect of water stress on the yield and stress level evaluation indicators in Garmak and Dudaim groups. This research has tried to investigate and evaluate this issue in some products of this group of vegetables that have been less studied.

Materials and Methods

This experiment was carried out in the form of a split plot design in the form of randomized complete blocks and in four replications in the Mahan greenhouse complex located 25 km from Kerman province. Experimental treatments include; There were three plants (Shahdad and Isfahan cantaloupe (Garmak) and Birjand dudaim (*Cucumis melo* group dudaim)) and three levels of irrigation in order to apply stress (starting irrigation at matric potentials of -45 (control), -55 and -65 kPa). The parameters of net photosynthesis rate, stomatal conductance, leaf transpiration rate, leaf chlorophyll index, water potential, osmosis and turgor potential of leaves, water use efficiency and leaf relative humidity were measured and evaluated.

Results and Discussion

Based on the results of the first and third tables, the three population were different in the changes in the net rate of photosynthesis under different levels of dehydration stress, but the change process in them was largely similar. The highest rate of net photosynthesis and leaf stomatal conductance was obtained in Isfahan cantaloupe population plants under control irrigation (-45 kPa), which, of course, did not have a significant difference with plants under -55 kPa dehydration stress, and the lowest rate of these traits in Birjand dudaim under irrigation at matric potential -65 kPa was measured. A more severe level of dehydration stress (starting irrigation at matric potential of -65 kPa) reduced the net photosynthetic rate in all three plants compared to control irrigation (-45

1 and 2- Assistant Professor and M.Sc. Graduate, Department of Horticultural Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: nzeinali@uk.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.78942.1196

kPa). It seems that under the conditions of this experiment, the reduction of the relative humidity of the leaves occurs following the reduction of the water potential in the leaves and leads to the closing of the stomata in order to increase the resistance of the mesophyll cells against the dehydration stress and parallel to these changes, the reduction it happens in the amount of stomatal conductance and as a result the rate of net photosynthesis. The rate of leaf transpiration in matric potentials of -55 and -65 kPa has decreased significantly compared to control irrigation. The decrease in transpiration rate in plants under stress is probably due to stomatal closure and reduction of stomatal conductance. Plants under stress prevent excessive water loss through transpiration by regulating stomata. Based on the results of the second and fourth tables, by measuring the water potential, osmosis and turgor potential of the leaves of the three population used, it was shown that the water potential of the leaf decreased with the increase in the water stress levels. The slope of this decrease is such that the potential values are equal to the osmotic potential values of the leaf and the turgor potential, which is the result of the difference between the osmotic and water potentials of the leaf, also decreases, but it is the turgor pressure that has increased and in a more positive way. even at the end of the stress period and at the most extreme level of stress, it reaches zero. This same turgor pressure maintains the normal state of the membrane in cells under dehydration stress. In fact, the extreme level of water stress in this experiment significantly reduced the osmotic potential of the leaf. The highest amount of osmotic potential (8.5 Bar) for these plants was obtained in the usual or control irrigation treatment and the lowest (22 Bar) in the more severe level of dehydration stress treatment (watering as soon as the matric potential reaches -65 kPa) was obtained. At matric potentials of -45 and -55, there was no significant difference between the three population in terms of leaf relative humidity percentage, but in Garmak and Dudaim populations, the relative humidity of leaves was significantly reduced by applying stress at the matric potential of -65 kPa. This is despite the fact that in the Isfahan cantaloupe, the decrease in the relative humidity of the leaf was not significant. The existence of this difference in the reduction of the relative humidity of the leaves in the conditions of stress between the three plants may be due to the genetic differences in the ability of the stomata of the plants to lose water. In fact, more drought tolerant population (Isfahan Garmak) compared to Shahdad Garmak and Birjand dudaim have better maintained relative humidity until the end of the stress.

Conclusion

Plants with the ability to regulate osmosis can be considered as drought tolerant plants. This adjustment in the plants of this experiment occurred in the condition that in all three population, the osmotic potential decreased by -19 to -22 Bar. This event is to some extent guaranteeing the performance of pure photosynthesis, although at a low rate in these plants, in the condition that the water potential of the cell has become negative at the level of severe water deficit stress, at the end of growth.

Keywords: Dudaim, Garmak cantaloupe, Matric potential, Water use efficiency

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۲، تابستان ۱٤۰۲، ص. ۵۷۷-۵۸۸

مطالعه تغییرات برخی روابط آبی و فتوسنتز خالص سه توده ملون ایرانی (*Cucumis melo*) تحت تنش کم آبی

نجمه زینلی‌پور[1]*- فاطمه عاقبتی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰

چکیده

کم آبیاری به عنوان یک رویکرد ارزشمند برای تولید پایدار و بهبود کارآیی مصرف آب به ویژه در مناطقی که با کمبود آب رو بـه رو هسـتند، مـورد توجه قرار گرفته است. از این رو به منظور بررسی اثر تنش کم آبی بر برخی روابط آبی و نرخ فتوسنتز خالص در گونه‌هـای ملـون ایرانـی، آزمایشـی بـه صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مجتمع گلخانه‌ای واقع در منطقه ماهان در سـال ۱۳۹۸ انجـام شـد. تیمارهای آزمایش شامل؛ سه سطح آبیاری (شروع آبیاری در پتانسیل‌های ماتریک ۴۵- (شاهد)، ۵۵- و ۶۵- کیلوپاسکال) و سه نوع از تـوده‌هـای ملـون بومی ایران شامل؛ دستنبوی بیرجند و دو گونه گرمک اصفهان و شهداد بودند. نتایج به دست آمده از این پژوهش حـاکی از آن بـود کـه بیشـترین نـرخ فتوسنتز خالص به میزان ۲۰/۱ میکرومول کربن دی اکسید بر متر مربع بر ثانیه و هدایت روزنه‌ای برگ به میزان ۰/۹۸۷ میلی‌مول کربن دی اکسـید بـر متر مربع بر ثانیه در بوته‌های توده گرمک اصفهان تحت آبیاری شاهد (۴۵- کیلوپاسکال) دیده شد. سرعت تعرق برگ نیز در پتانسیل‌های ماتریک ۵۵- و ۶۵- کیلوپاسکال نسبت به آبیاری شاهد کاهش نشان داد. بیشترین میزان سبزینگی بـرگ در پتانسـیل ماتریـک ۴۵- کیلوپاسـکال در هـر سـه تـوده (گرمک شهداد، گرمک اصفهان و دستنبوی بیرجند) مورد مطالعه مشاهده گردید. کاهش عملکرد محصول در شدیدترین سطح تنش با پتانسیل ماتریـک ۶۵- کیلوپاسکال در هر سه توده گرمک شهداد، گرمک اصفهان و دستنبوی بیرجند مشاهده شد. میزان پتانسیل اسـمزی در هـر سـه تـوده در پتانسـیل ماتریک ۴۵- در پایین‌ترین حد خود بود. بالاترین میزان پتانسیل تورژسانس نیز در پتانسیل ماتریک ۴۵- در دو توده گرمک شـهداد و گرمـک اصـفهان مشاهده شد. بیشترین میزان کارآیی مصرف آب در شرایط تنش کم آبی شدید (پتانسیل ماتریک ۶۵- کیلوپاسکال) و در توده گرمک اصفهان بـه دسـت آمد. هم‌چنین درصد رطوبت نسبی برگ در هر سه توده در پتانسیل ماتریک ۶۵- در پایین‌ترین مقدار خود بود. هر سه گروه ملون مـورد آزمـایش تحـت تیمار کم آبیاری ۵۵- کیلوپاسکال در تناسب با گیاهان شاهد هم‌چنان از میزان مؤلفه‌های فتوسنتزی بهتری برخوردار بودند و ضمن ارتقاء کارآیی مصرف آب به عنوان یک سطح تنش خفیف در محدوده تحمل نسبی این گیاهان قرار داشته است. از این رو شاید بتوان توده دستنبوی بیرجنـد را دارای قابلیـت تنظیم اسمزی بهتری در شرایط تنش رطوبتی دانست و این توده را متحمل‌تر از دو توده بومی دیگر در شرایط کم آبیاری تلقی کرد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل ماتریک، دستنبو، کارآیی مصرف آب، گرمک

---

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد بخش علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: nzeinali@uk.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2022.78942.1196

مقدمه

تنش خشکی از متداول‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را از طریق اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیک با محدودیت مواجه ساخته و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Armand *et al*., 2015). از آن جا که در اغلب نقاط جهان و از جمله در ایران، گیاهان خربزه‌ای و عموما کدوییان بیشتر در نواحی گرم و خشک کشت و کار می‌شوند و در این مناطق چالش اصلی بر سر محدودیت آب مناسب برای کشاورزی است، احتمال وقوع انواع تنش از جمله تنش‌های کم آبی (جزیی یا شدید) در کشت و پرورش این گیاهان نسبتا بالا است. از این جهت، مطالعه و شناخت ارقام و توده‌های متحمل و راهکارهای بهبود مدیریت آب ضروری به نظر می‌رسد. در میان ویژگی‌های فیزیولوژیک، وضعیت آب برگ، پایداری غشاء، تغییرات فتوسنتز و عوامل مرتبط با آن از اهمیت ویژه‌ای در ارتباط با تحمل شرایط تنش زا و به خصوص کم آبی برخوردار هستند. رطوبت نسبی بالاتر گیاه، به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش می‌باشد (Siosemardeh *et al*., 2005). ژنوتیپ‌هایی که قادرند بدون بستن روزنه‌ها آب بیشتری را در برگ‌ها حفظ کنند، برای مناطق خشک مناسب‌ترند (Blum *et al*., 1981). رطوبت نسبی بالاتر برگ ممکن است از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و با توانایی ریشه در جذب آب حاصل شود و تعادل بین آب تأمین شده برای برگ و سرعت تعرق را بهتر از سایر اجزای روابط آبی منعکس می‌کند که به این دلیل آن را شاخص مناسبی برای نمایش وضعیت آبی برگ دانسته‌اند (Sanchez-Rodrıguez *et al*., 2010). تحت شرایط تنش‌های خشکی و گرما، غشاء سلولی پایداری خود را از دست داده و در صورت قرار گرفتن برگ در یک محیط آبی مواد محلول از سلول‌های آن تراوش می‌یابند، بنابراین پایداری غشاء به وسیله ارزیابی تراوش یون‌ها از آن تعیین می‌شود. میزان هدایت الکتریکی در محیط آبی، خسارت تنش خشکی و یا تنش گرمایی را به غشاء سلولی نشان می‌دهد و میزان پایداری غشاء سلولی به خوبی با تحمل سایر فرآیندهای گیاهی به تنش از جمله فتوسنتز مرتبط است و به عنوان شاخصی از تحمل به تنش ارائه شده است (Sairam *et al*., 2002). هم‌چنین گزارش شده است که قدرت گیاهان در حفظ فتوسنتز، رطوبت نسبی برگ و ظرفیت فتوسنتزی می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار در تحمل به تنش خشکی محسوب گردد (Sajjadinia *et al*., 2010). محتوای رطوبت نسبی برگ همبستگی بالایی با میزان پتانسیل آب برگ دارد. کاهش رطوبت نسبی برگ در ابتدا منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و با افزایش شوری منجر به توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتزی می‌شود (Flexas and Medrano, 2002). با توجه به این که یکی از آثار تنش شوری جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است، می‌توان علت کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ را کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی دانست (Colom and Vazzana, 2003). از سوی دیگر، هر نوع افزایش در فشار اسمزی سلول ناشی از تنش، به حفظ حالت تورژسانس کمک می‌کند و در حقیقت تغییرات اندک در وضعیت تورژسانس گیاه متحمل وسیله‌ای است که تنش از طریق آن، متابولیسم گیاه را متأثر می‌سازد و بنابراین لازم است که در نظر گرفته شوند (Bagheri, 1996). در شرایط تنش خشکی میزان دی‌اکسید کربن قابل دسترس برای فتوسنتز به واسطه کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی کاهش می‌یابد (Flexas *et al*., 2007). از سویی دیگر کاهش مقدار تولید و ایجاد وقفه در فرایند چرخه تثبیت کربن به ایجاد محدودیت متابولیک و در ادامه به کاهش فتوسنتز منجر می‌شود (Li *et al*., 2006). از دیگر پیامدهای تنش به ویژه تنش خشکی کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر افزایش گونه‌های واکنش‌گر و فعال اکسیژن (ROS) و ایجاد تنش اکسیداتیو است (Armand *et al*., 2015).رادیکال‌های آزاد اکسیژن از طریق پراکسیداسیون و تجزیه کلروفیل‌ها منجر به کاهش واکنش‌های نوری فتوسنتز و کاهش تولید مواد پر انرژی مورد نیاز از قبیل NADPH و ATP برای واکنش‌های تاریکی فتوسنتز (چرخه بنسون کالوین) می شوند (Hosseinzadeh *et al*., 2016). گزارش‌های متعددی اشاره دارند به این که حفظ محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل a، b و کارتنوئید در شرایط تنش خشکی به ثبات فتوسنتز کمک می‌کنند (Beyk Khurmizi *et al*., 2013; Hosseinzadeh *et al*., 2014). به طور معمول عملکرد گیاهان با رشد گیاه رابطه مثبت دارد و اگر مقدار آب قابل دسترس به میزان کافی نباشد، در پی آن مقدار عملکرد کاهش می‌یابد. به طور کلی این مسئله پذیرفته شده است که مقدار آبیاری روی عملکرد و همچنین صفات رویشی دیگر مانند سطح برگ، صفات کمی و کیفی میوه اثرگذار است که با وجود تنش این مقادیر تغییر می‌کند. نیاز آبی محصولات خانواده کدوییان بیشتر از دیگر محصولات است زیرا حجم عمده میوه را آب تشکیل می‌دهد. مهم‌ترین مسئله در رویارویی با شرایط کم آبی به ویژه برای محصولاتی که نیاز به آب بیشتری دارند، مدیریت بهینه کاشت و آبیاری است. راه حلی که امروزه توجه بسیاری را به خود جلب کرده است استفاده از توده‌های بومی و محلی است. پی بردن به این که توده‌های بومی مقاومت بیشتری در شرایط تنش خشکی نسبت به رقم های تجاری می‌توانند داشته باشند، دارای اهمیت است (Soltani *et al*., 2018).

مرور منابع علمی نشان می‌دهد که با توجه به اهمیت نسبی ملون‌ها در بین سبزی‌های میوه‌ای، تحقیقات جامعی در مورد نحوه تأثیر تنش‌های کم آبی بر عملکرد و شاخص‌های ارزیابی سطح تنش

ها در گونه‌های گرمک و دستنبو انجام نشده است. بنابراین در این پژوهش تلاش شده است تا این موضوع در برخی محصولات این گروه از سبزی‌ها که کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، مورد بررسی و ارزیابی بیشتری قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی و در چهار تکرار در مجتمع گلخانه‌ای ماهان واقع در ۲۵ کیلومتری استان کرمان در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل؛ سه توده ملون بومی (گرمک شهداد، گرمک اصفهان (*Cucumis melo* var. cantalupensis (Garmak and Isfahan population)) و دستنبوی بیرجند (*Cucumis melo* var. dudaim (Birjand population)) و سه سطح آبیاری به منظور اعمال تنش (شروع آبیاری در پتانسیل‌های ماتریک ۴۵- (شاهد)، ۵۵- و ۶۵- کیلوپاسکال) بودند. مبنای انتخاب این سه توده بومی ایرانی، سابقه نادر و کم تحقیق در مورد آن‌ها بوده است که با توجه به توانمندی زیاد این سه گیاه در تولید بتاکاروتن بسیار بالا در بین ملون‌های ایرانی مورد توجه قرار گرفت. مبنای اعمال تنش اعلام زمان آبیاری در سه پتانسیل ماتریک مختلف (از شرایط نزدیک به حد ظرفیت زراعی این گیاهان تا سطوح تنش خفیف و شدیدتر) با کارگذاری و نمایش اعداد پتانسیل ماتریک نمایش‌گر تانسیومتر بود. بذرهای خیس خورده گیاهان، درون گلدان‌های پالتی با عمق ۷۰ سانتی‌متر متشکل از ترکیب خاک باغبانی، پیت و ماسه که به نسبت‌های ۸:۱:۱ پر شده بودند، کشت شدند و از یک کود کامل (NPK۲۰-۲۰-۲۰) کند رها شونده نیز استفاده گردید. گیاهان تا قبل از شروع تیمارهای تنش هر پنج روز یک بار آبیاری می‌شدند. تیمارهای تنش بلافاصله با تشکیل اولین میوه آغاز شدند و به مدت ۶۰ روز و تا پایان فصل رشد ادامه یافتند.

جهت اندازه‌گیری میزان پتانسیل ماتریک خاک از تانسیومتر (Irrometer company, Inc. P.O. USA) استفاده شد (Zeinali *et al*., 2016). تمامی عملیات داشت و مراقبت طبق روال معمول برای این گیاهان انجام شد. اندازه‌گیری پارامترهای مختلف در مرحله رسیدن کامل اولین سری میوه‌های تشکیل شده، همزمان با گذشت ۳۵ روز پس از اعمال تنش‌های آبیاری صورت گرفت. اندازه‌گیری نرخ خالص فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق برگ روی سه برگ کاملا توسعه یافته بین گره سوم تا هفتم روی ساقه اصلی گیاه با استفاده از فتوسنتزمتر (LI- 6400 - Lincoln, Nebraska, USA, Licor inc.) انجام شد و میانگین داده‌ها برای این سه برگ جهت تجزیه استفاده شد. نرخ فتوسنتز خالص تحت شرایط طبیعی یعنی؛ اختلاف فشار بخار ۱ کیلوپاسکال، CO_2 (400 µmol^{-1})، تراکم جریان فوتون فتوسنتزی ۱۰۰۰ µmol quanta m^{-2} s^{-1} و دمای برگ ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ‌ها از محفظه فشار استفاده شد (Zeinali *et al*., 2016). این دستگاه دارای یک کپسول حاوی گاز نیتروژن با فشار زیاد است. طبق روش با مشاهده خروج اولین قطره شیره از انتهای برگ بلافاصله یادداشت برداری انجام شد. یادآوری می‌گردد که در این روش اندازه گیری، سرعت انجام عملیات از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا با گذشت زمان، احتمال از دست رفتن رطوبت برگ وجود دارد. اندازه گیری میزان پتانسیل اسمزی برگ‌ها با استفاده از دستگاه اسمومتر کالیبره (Micro Digital Osmometer type 15, camlab, United Kingdom) صورت گرفت. پتانسیل تورژسانس برگ‌ها، از اختلاف پتانسیل‌های آب و اسمزی برگ‌ها به دست آمد. همچنین رطوبت نسبی آب در مراحل مختلف و در طی دوره اعمال تنش کم آبی بر گیاهان اندازه‌گیری شد. به این منظور قطعاتی از برگ گیاهان سه توده با استفاده از استوانه مخصوص به صورت دیسک‌های هم اندازه انتخاب و وزن تر آن‌ها محاسبه شد. اندازه‌گیری کارآیی مصرف آب در سطح برگ تیمارهای آزمایش از فرمول نسبت میزان آسیمیلاسیون دی اکسید کربن بر میزان تعرق برگ به دست آمد. اندازه‌گیری شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (Minolta-502) انجام شد. تعیین شاخص کلروفیل برگ بر اساس میانگین پنج تکرار در هر تیمار بود و برای رعایت شرایط یکنواخت از همان برگ‌های مورد استفاده در سنجش تبادلات گازی استفاده گردید.

نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و بررسی مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نرخ خالص فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق برگ

بررسی نتایج به دست آمده از جداول (۱ و ۳) نشان داد که سه توده مورد نظر در این پژوهش، در تغییرات نرخ خالص فتوسنتز تحت سطوح مختلف تنش کم آبی متفاوت بودند، اما روند تغییر در آن‌ها تا حدود زیادی مشابه بود. بیشترین نرخ فتوسنتز خالص و هدایت روزنه ای برگ در بوته‌های توده گرمک اصفهان تحت آبیاری شاهد (۴۵- کیلوپاسکال) به دست آمد که البته تفاوت معنی‌داری با بوته‌های تحت تنش کم آبی ۵۵- کیلوپاسکال نداشت و کمترین میزان این صفات در دستنبوی بیرجند تحت آبیاری در پتانسیل ماتریک ۶۵- کیلوپاسکال اندازه‌گیری شد. سطح شدیدتر تنش کم آبی (شروع آبیاری در پتانسیل ماتریک ۶۵- کیلوپاسکال) نرخ فتوسنتز خالص را در هر سه گیاه نسبت به آبیاری شاهد (۴۵- کیلوپاسکال) کاهش داد. به نظر می‌رسد

که در شرایط این آزمایش کاهش رطوبت نسبی برگ (که در ادامه بررسی می‌شود) به دنبال کاهش پتانسیل آب در برگ‌ها رخ می‌دهد و منجر به بسته شدن روزنه‌ها به منظور افزایش مقاومت سلول‌های مزوفیل در برابر تنش کم آبی شده و به موازات این تغییرات، کاهش در میزان هدایت روزنه‌ای و در نتیجه نرخ فتوسنتز خالص اتفاق می‌افتد (Cornic and Massaci, 1996). البته در تحقیق دیگری اظهار شده است که با اعمال تنش خشکی ابتدا هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد، سپس رطوبت نسبی برگ و فتوسنتز شروع به کاهش می‌نمایند (Ritchie *et al*., 1990). کاهش شدید هدایت روزنه‌ای با تغییر رطوبت نسبی برگ بیانگر آن است که احتمالا سیگنال‌های ارسالی از ریشه در شرایط تنش خشکی و کم آبی عامل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تعرق برگ‌ها و کاهش فتوسنتز می‌باشد، این سیگنال همان اسید آبسیزیک (ABA) است (Taize and Zaiger, 2007). همچنین مشاهده گردید که سرعت تعرق برگ در پتانسیل‌های ماتریک ۵۵- و ۶۵- کیلوپاسکال نسبت به آبیاری شاهد به طور معنی داری کاهش داشته است. کاهش سرعت تعرق در گیاهان تحت تنش احتمالا به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌باشد. گیاهان تحت تنش، توسط تنظیم روزنه‌ای از اتلاف زیاد آب از طریق تعرق جلوگیری می‌کنند (Chinnusamy *et al*., 2004). در گزارشی آمده که در اثر اعمال تنش به تدریج هدایت روزنه‌ای در بافت برگ های خربزه کاهش یافت. کاهش هدایت روزنه‌ای یا بسته شدن روزنه ها کاهش فتوسنتز و رشد گیاه را به همراه دارد. در خربزه هدایت روزنه‌ای در اثر اعمال تنش به تدریج کاهش یافت و هم چنین بین ارقام خربزه اختلاف معنی‌دار یاز نظر هدایت روزنه‌ای مشاهده نگردید (Barzegar *et al*., 2011). در میوه‌های خربزه در طول دوره تنش کم آبی سطح کل برگ برای هر گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت و کاهش سطح برگ در اثر، دلیل اصلی کاهش عملکرد محصول نیز بود (Shao *et al*., 2008). تحت تأثیر تنش شوری میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در خربزه گنگی بیشترین میزان کاهش را به دنبال داشت، این در حالی است که تعرق در این توده افزایش یافته و پتانسیل آب برگ منفی‌تر شده بود (Shafiee *et al*., 2019).

شاخص کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن بود که با افزایش دور آبیاری از پتانسیل ماتریک ۴۵- به ۶۵- کیلوپاسکال و به موازات شدیدتر شدن تنش کم آبی، شاخص کلروفیل برگ‌ها کاهش معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داده است (جدول ۱). بیشترین میزان سبزینگی برگ در پتانسیل ماتریک ۴۵- کیلوپاسکال در هر سه توده مورد مطالعه مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیکی سه توده ملون ایرانی

Table 1- The ANOVA results for the effect of different levels of irrigation on some physiological traits of three Iranian melon population

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	نرخ فتوسنتز Photosynthesis rate	هدایت روزنه‌ای برگ Leaf stomatal conductance	سرعت تعرق برگ Leaf transpiration rate	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index	عملکرد Yield
تکرار Replicate	3	6.8 ^{ns}	4.67 ^{ns}	0.01 ^{ns}	27.50 ^{ns}	12.4 ^{ns}
آبیاری Irrigation (a)	2	370.97 **	1.35 *	6.62 *	4.77 *	428.16 **
خطای اصلی Main Error (a)	6	62.4	12.17	0.08	128.80	9.1
توده Population (b)	2	32.62 *	0.94 ^{ns}	4.43 ^{ns}	700.19 ^{ns}	35.70 *
a×b	4	16.98 *	0.12 **	0.12 *	1.92 ^{ns}	23.4 **
خطای فرعی Sub Error (b)	18	2.53	1.73	0.26	5.47	3.18
ضریب تغییرات C.V (%)	-	11.46	5.76	17.15	7.63	14.55

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری.

ns, * , **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels; respectively.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری بر پتانسیل و روابط آبی سه توده ملون ایرانی

Table 2- The ANOVA results for the effect of different irrigation levels on the water potential and relationships of three Iranian melon population

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	پتانسیل آب برگ Leaf water potential	پتانسیل اسمزی Osmotic potential	پتانسیل تورژسانس Turgor potential	کارآیی مصرف آب Water efficiency	رطوبت نسبی برگ Leaf relative humidity
تکرار Replication	3	0.97 ns	0.84 ns	0.34 ns	4.90 ns	1.87 ns
آبیاری Irrigation (a)	2	619.80 **	238.67 **	172.67 **	636.50 **	173.21 **
خطای اصلی Main error (a)	6	1.09	0.93	0.64	17.25	4.53
توده Population (b)	2	6.79 ns	43.30 ns	13.28 ns	3323.3 **	377.21 **
a×b	4	17.80 ns	3.87 ns	2.17 ns	3718.74 **	0.72 *
خطای فرعی Sub error (b)	18	2.34	0.60	0.31	10.45	2.14
ضریب تغییرات C.V (%)	-	12.06	6.45	3.73	15.19	1.77

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری.

ns, * , **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels; respectively.

یکی از عوامل مؤثر بر کاهش هدایت مزوفیلی در جریان تنش کم آبی، کاهش غلظت کلروفیل می‌باشد. بررسی شاخص کلروفیل در دو رقم ملون حاکی از این بود که بیشترین سبزینگی برگ برای طالبی سمسوری و کمترین آن برای دستنبوی کرمان بود (Barzegar *et al*., 2011). تنش خشکی در طولانی مدت در مراحل تشکیل گل، رشد کمی و کیفی محصولات طالبی و هندوانه را کاهش داد (Zeinali *et al*., 2012).

میزان پتانسیل آب، اسمزی و تورژسانس برگ‌ها

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین حاصل از سنجش پتانسیل‌های آب، اسمزی و تورژسانس برگ‌های سه توده مورد استفاده در این آزمایش، نشان داد که با افزایش سطوح تنش کم آبی، پتانسیل آب برگ کاهش یافته است (جداول ۲ و ۴). شیب این کاهش به حدی است که مقادیر پتانسیل با مقادیر پتانسیل اسمزی برگ مساوی شده است و پتانسیل تورژسانس نیز که حاصل اختلاف پتانسیل‌های اسمزی و آب برگ است نیز کاهش می‌یابد، اما این فشار تورژسانس است که افزایش یافته (به عبارتی مثبت‌تر شده) و حتی در اواخر دوره تنش و در شدیدترین سطح تنش کم آبی به صفر می‌رسد. همین فشار تورژسانس باعث حفظ حالت طبیعی غشاء در سلول‌های تحت تنش کم آبی می‌گردد. در واقع سطح شدید تنش کم آبی در این آزمایش، میزان پتانسیل اسمزی برگ را به طور معنی‌داری کاهش داد. بیشترین میزان پتانسیل اسمزی (۸/۵- بار) برای این گیاهان در تیمار آبیاری معمول یا شاهد و کمترین آن (۲۲- بار) در تیمار سطح شدیدتر تنش کم آبی (انجام آبیاری به محض رسیدن به پتانسیل ماتریک ۶۵- کیلوپاسکال) به دست آمد. در خربزه طولانی شدن فواصل آبیاری به نحوی که منجر به کاهش پتانسیل ماتریک خاک به مقدار کمتر از ۵۰- سانتی‌بار گردد، بروز تنش در گیاه خربزه را به دنبال دارد و باعث کاهش سطح برگ و به دنبال آن کاهش عملکرد می‌گردد (Barzegar *et al*., 2011). تنش کم آبی یا کمبود آب زمانی در گیاه صورت می‌گیرد که تلفات آب در اثر تعرق بیشتر از میزان جذب آن باشد. رشد سلول به دلیل کاهش در فشار تورژسانس، در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد. در شرایط کمبود آب، میزان آب برگ کاهش می‌یابد و کاهش پتانسیل آب برگ موجب بسته شدن روزنه و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد که این امر در نهایت باعث کاهش سرعت فتوسنتز و متعاقبا کاهش رشد می‌شود. تنش کم آبیاری در دو توده خربزه خاتونی و ایوانکی باعث کاهش شاخص‌های رشدی و عملکردی شد (Taghadosinia *et al*., 2020). در شرایط تنش‌های محیطی دیگر مانند تنش شوری کاهش مقدار پتانسیل‌های آب و اسمزی برگ و نیز افت رطوبت نسبی برگ دور از انتظار نیست. در گزارشی دیگر نیز مشخص شد که با اعمال تنش شوری بر گیاه ارزن میزان پتانسیل اسمزی و رطوبت نسبی برگ دچار کاهش شدید شده است (Eshghi Zadeh *et al*., 2014). کاهش شدید پتانسیل اسمزی در پاسخ به کمبود آب در سطوح تنش به کار رفته می‌تواند ناشی از تجمع محلول‌های اسمزی در واکوئل و انباشته شدن محلول ها در سلول باشد که منجر به کاهش حجم سلول می‌شود (Turner and Jones, 1980). این نتایج نشانگر سازگاری به تنش خشکی از

طریق تنظیم اسمزی در این گیاهان می‌باشد که به دنبال آن پایـداری و تعادل تورژسانس تحت شرایط کمبود آب رخ مـی‌دهـد. تنظیم اسمزی، محافظت اسمزی و سیستم آنتی‌اکسیدانی همگـی از روش-های اساسی پاسخ به تنش‌های خشکی و ایجاد مقاومت نسبت بـه آن ها هستند (Farooq *et al*., 2009). از بین مکانیسم‌هـای مختلـف، تنظیم اسمزی ممکن است تحمل گیاه را نسبت به آسیب‌های ناشی از تنش خشکی با حفظ پتانسیل آب بافت افزایش دهد (Turner *et al*., 1986). تنظیم اسمزی به حفظ تعادل آب سلول از طریق تجمع فعال اسمولیت‌ها کمک کرده و از این طریق حداقل خسارت ممکن ناشی از خشکی، به گیاه وارد می‌شود (Morgan *et al*., 1993). گزارش شده است که اثر تنش کم آبی در طی مراحل مختلف بر پتانسیل‌های آب، اسمز و تورژسانس برگ‌های طالبی سمسوری معنی‌دار بـود. بیشـترین کاهش در میزان پتانسیل آب برگ با گذشـت ۳۵ روز پـس از شـروع اعمال تنش کم آبی ۲۲- بار رخ داد. این تنظیم اسمزی در طـالبی در شرایطی رخ داد که پتانسیل اسـمزی تـا حـد ۲۲- بـار در شـدیدترین سطح تنش یعنی آبیاری در پتانسیل ماتریک ۷۵- کیلوپاسکال و پـس از شروع ۳۵ روز از شروع تنش کم آبی نزول یافته است. همچنـین بـا افزایش سطوح تنش کـم آبـی از آبیـاری در پتانسـیل ماتریـک ۵۰- کیلوپاسکال تا شدیدترین سطح تـنش یعنـی پتانسـیل ماتریـک ۷۵- کیلوپاسکال پتانسیل آب برگ کاهش یافته اسـت (Zeinali *et al*., 2016).

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیکی سه توده ملون ایرانی

Table 3- The results of comparing the average effect of different irrigation levels on some physiological traits of three Iranian melon population

توده **Population**	سطوح آبیاری با پتانسیل ماتریک **Irrigation levels with matric potential (kPa)**	نرخ فتوسنتز **Photosynthesis rate ($\mu mol\ CO_2.m^{-2}s^{-1}$)**	هدایت روزنه‌ای برگ **Leaf stomatal conductance ($mmol\ CO_2.m^{-2}.s^{-1}$)**	سرعت تعرق برگ **Leaf transpiration rate ($mmol\ H_2O.m^{-2}.s^{-1}$)**	شاخص کلروفیل برگ **Leaf chlorophyll index**	عملکرد **Yield ($ton.ha^{-1}$)**
گرمک شهداد Shahdad cantaloupe	-45	17.1 ± 0.01 b	0.926 a	4.60 a	24 ± 0.6 a	19.80 c
گرمک شهداد Shahdad cantaloupe	-55	16.9 ± 0.02 b	0.743 c	1.77 c	21 ± 0.2 b	17.70 d
گرمک شهداد Shahdad cantaloupe	-65	11.3 ± 0.02 d	0.508 e	0.93 d	18 ± 0.5 c	11.10 e
گرمک اصفهان Isfahan cantaloupe	-45	20.1 ± 0.02 a	0.987 a	3.46 b	24 ± 0.8 a	24.40 a
گرمک اصفهان Isfahan cantaloupe	-55	17.9 ± 0.04 b	0.840 b	1.82 c	21 ± 0.2 b	22.70 b
گرمک اصفهان Isfahan cantaloupe	-65	11.6 ± 0.03 d	0.677 d	0.94 d	19 ± 0.4 c	17.20 d
دستنبوی بیرجند Birjand dudaim	-45	16.5 ± 0.03 b	0.765 c	4.84 a	21 ± 0.7 a	22.30 b
دستنبوی بیرجند Birjand dudaim	-55	15.2 ± 0.04 b	0.542 e	1.67 c	19 ± 0.6 b	21.70 bc
دستنبوی بیرجند Birjand dudaim	-65	8.9 ± 0.05 e	0.411 f	0.95 d	16 ± 0.4 c	16.20 d

میانگین‌های دارای حروف یکسان از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

Means with the same letters do not have a significant difference at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

کارآیی مصرف آب

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، بررسی اثرات متقابل تـنش در توده بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار شد (جدول ۲). هم‌چنین مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین میزان این صفت در شرایط تـنش کـم آبی شدید (شروع آبیاری در پتانسیل ماتریک ۶۵- کیلوپاسـکال) و در توده گرمک اصفهان به دست آمده است (جدول ۴). از آن جـایی کـه کارآیی مصرف آب بر اساس فرمول نسبت سرعت خالص فتوسنتز بـر میزان تعرق صورت گرفته در سـطح بـرگ تیمارهـا در ایـن آزمـایش محاسبه شده و به صورت پایه‌ای می‌توان، راندمان مصـرف آب را بـه عنوان نسبت کربن تثبیت شده به آب تعرق یافتـه بـر حسـب وزن یـا مول در نظـر گرفـت (Farquhar and Richards, 1984). بـدیهی است که هر چه میزان تعرق در سطح برگ کمتر باشد، عدد مربوط به کارآیی مصرف آب بزرگ‌تر خواهد بود. در واقع در گیاهان تحـت ایـن تیمار، در سی و پنجمین روز پس از شروع تنش کم آبی مقـدار تعـرق در سطح برگ به میزان کاملا جزیی رسیده است که این موضـوع تـا حدی به دلیل پیری اجتناب ناپذیر برگ‌ها در طـی زمـان و بـه ویـژه تحت تأثیر تنش کم آبی اعمال شده، اتفاق افتـاده اسـت. بسـیاری از گونه‌های گیاهی که می‌توانند کمبود شدید آب را تحمل کنند، زمـانی که آب فراهم باشد از آن به طور کارآمد استفاده نمی‌کنند (Thomas, 1997). یادآوری می‌گردد که برخی از گونه‌های گیاهی که نسبت بـه کمبود شدید آب سازگاری یافته‌اند حتی در زمان بروز تـنش، رانـدمان مصرفشان در حد متوسط می‌باشد. تحت شرایط تنش کم آبـی، بسـته شدن جزیی روزنه‌ها، میزان تعرق را بیشتر از فتوسنتز کاهش داده و در نتیجه کارآیی مصرف آب افزایش می‌یابد، اما شرایط نامساعد محیطی و تنش شدید باعث بسـته شـدن کامـل روزنـه‌هـا گردیـده و کـارآیی مصرف آب به علت پایین آمدن فتوسنتز، میزان عملکـرد محصـول را به طور قابل تـوجهی کـاهش مـی‌دهـد (Kuchaki *et al*., 2001). محققان در این زمینه گزارشی ارائه دادند که طبـق آن در تـوده‌هـای مختلف خربزه تأثیر تنش کم آبی بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار بـوده است و با کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۳۳ درصـد نیـاز آبـی گیـاه، کارآیی مصرف آب افزایش یافت. بنـابراین آن‌هـا اظهـار داشـتند کـه خربزه می‌توانـد نسـبت بـه کـم آبـی متحمـل باشـد (Lotfi *et al*., 2017).

رطوبت نسبی برگ

طبق تجزیه واریانس اثر توده و تنش کم آبی هـر دو بـر رطوبـت نسبی برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شدند و اثرات متقابل ایـن دو در سطح پنج درصد معنـی‌دار بـود (جـدول ۲). طبـق نتـایج مقایسـه میانگین، در پتانسیل‌های ماتریک ۴۵- و ۵۵- تفاوت معنی‌داری بـین سه توده از نظر رطوبت نسبی برگ مشاهده نشد، اما در تـوده گرمـک شهداد و دستنبو با اعمال تنش در پتانسیل ماتریک ۶۵- به طور معنی داری رطوبت نسبی برگ کاهش یافت (جدول ۴). این در حالی اسـت که در گرمک اصفهان کاهش رطوبت نسبی معنی‌دار نبود. وجود ایـن اختلاف کاهش رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش بین سه گیـاه، بـه دلیل تفاوت‌های ژنتیکی در توانایی روزنه‌هـای گیاهـان نسـبت بـه از دست‌دهی آب می‌باشد. در واقـع تـوده‌هـای متحمـل‌تـر بـه خشـکی (گرمک اصفهان در مقایسه بـا گرمـک شـهداد و دسـتنبوی بیرجنـد) رطوبت نسبی را تا پایان تنش بهتر حفظ نمودنـد. در تـنش خشـکی متوسط، درصد رطوبت نسبی برگ ممکن است کـاهش یابـد، امـا در ظرفیت فتوسنتزی تغییری مشاهده نمی‌شود. در تنش خشکی شـدید سلول‌ها تا حد زیادی آب خود را از دست می‌دهند و در نتیجه رشد گیاه به شـدت محـدود مـی‌گـردد (Rohi and Siosemardeh, 2008). مطالعه بررسی تنش کم آبیاری بر روی هندوانه نشان داد که تنش کم آبیاری به طور معنی‌داری رشد، رطوبت نسبی و عملکـرد را کـاهش و درصد نشت یونی را افزایش داد (Parkhideh *et al*., 2018). بررسی اثر تنش کم آبی بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی برخی از تـوده های خربزه ایرانی نشـان داد کـه تـنش کـم آبیـاری باعـث کـاهش محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای و عملکرد در همه توده‌های مورد مطالعه در این تحقیق گردید. در گزارشی دیگر آمـده اسـت کـه تنش خشکی روی دو رقم خربزه سـبب کـاهش محتـوای آب نسـبی برگ و افزایش فعالیـت آنزیمـی شـده اسـت (Heydariyan *et al*., 2018).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌توان گفت کـه بالاترین نرخ فتوسـنتز خـالص و هـدایت روزنـه‌ای در تـوده گرمـک اصفهان تحت آبیاری ۴۵- کیلوپاسکال و بیشترین سرعت تعـرق نیـز در همین شـرایط آبیـاری در تـوده دسـتنبوی بیرجنـد مشـاهده شـد. بیشترین مقدار کلروفیل در آبیـاری شـاهد (۴۵- کیلوپاسـکال) در دو توده گرمک شهداد و گرمک اصفهان دیده شد. در واقع تنش کم آبـی اعمال شده درصد رطوبت نسبی برگ، نـرخ فتوسـنتز خـالص، میـزان کلروفیل برگ و پتانسیل‌های آب، اسمز و تورژسانس برگ را کاهش و کارآیی مصرف آب را افزایش داده است. در نهایت از جنبه بررسی اثـر تنش‌های سطح خفیف و شدیدتر کـاربردی در ایـن پـژوهش (۵۵- و ۶۵- کیلوپاسکال)، گیاه دستنبوی بیرجند کارآیی مصرف آب را بهبـود بخشیده و در سطح تنش خفیـف ۵۵- کیلوپاسـکال تقریبـا هـم تـراز سطح آبیاری شاهد، نرخ فتوسنتز خالص را حفظ نموده است. از این رو شاید بتوان توده دسـتنبوی بیرجنـد را دارای قابلیـت تنظـیم اسـمزی بهتری در شرایط تنش رطوبتی دانست و این توده را متحمـل‌تـر از دو توده بومی دیگر در شرایط کم آبیاری تلقی کرد.

جدول ٤- اثر سطوح مختلف آبیاری بر پتانسیل و روابط آبی سه توده ملون ایرانی

Table 4- The effect of different irrigation levels on the water potential and relationships of three Iranian melon population

توده Population	سطوح آبیاری با پتانسیل ماتریک Irrigation levels with matric potential (kPa)	پتانسیل آب برگ Leaf water potential (Bar)	پتانسیل اسمزی Osmotic potential (Bar)	پتانسیل تورژسانس Turgor potential (Bar)	کارآیی مصرف آب Water efficiency (%)	رطوبت نسبی برگ Leaf relative humidity (%)
گرمک شهداد Shahdad cantaloupe	-45	-1.5 ± 0.07 [a]	-9 ± 0.07 [a]	7.5 ± 0.02 [a]	3.93 ± 0.02 [c]	96 ± 0.2 [a]
گرمک شهداد Shahdad cantaloupe	-55	-10.5 ± 0.03 [b]	-13.5 ± 0.03 [b]	3 ± 0.00 [b]	9.50 ± 0.04 [b]	85 ± 0.3 [a]
گرمک شهداد Shahdad cantaloupe	-65	-21 ± 0.03 [c]	-21 ± 0.03 [c]	0 ± 0.00 [c]	12.10 ± 0.006 [a]	59 ± 0.6 [c]
گرمک اصفهان Isfahan cantaloupe	-45	-3 ± 0.03 [a]	-8.5 ± 0.03 [a]	5.5 ± 0.01 [a]	5.80 ± 0.05 [c]	99 ± 0.3 [a]
گرمک اصفهان Isfahan cantaloupe	-55	-12 ± 0.06 [b]	-11 ± 0.06 [b]	1 ± 0.00 [b]	9.87 ± 0.05 [b]	86 ± 0.3 [a]
گرمک اصفهان Isfahan cantaloupe	-65	-19 ± 0.06 [c]	-19 ± 0.06 [c]	0 ± 0.00 [c]	12.34 ± 0.03 [a]	77 ± 0.1 [b]
دستنبوی بیرجند Birjand dudaim	-45	-10 ± 0.07 [b]	-11 ± 0.07 [a]	1 ± 0.00 [b]	3.40 ± 0.02 [c]	98 ± 0.5 [a]
دستنبوی بیرجند Birjand dudaim	-55	-13 ± 0.04 [b]	-14 ± 0.04 [b]	1 ± 0.00 [b]	9.10 ± 0.01 [a]	83 ± 0.5 [a]
دستنبوی بیرجند Birjand dudaim	-65	-21 ± 0.05 [c]	-22 ± 0.05 [c]	0 ± 0.00 [c]	9.36 ± 0.04 [a]	54 ± 0.3 [c]

میانگین‌های دارای حروف یکسان از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

Means with the same letters do not have a significant difference at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

منابع

1. Armand, N., Amiri, H., & Ismaili, A. (2015). Interaction of methanol spray and water deficit stress on photosynthesis and biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, *4*, 147-153. http://doi.org/10.1111/php.12548
2. Bagheri, M. (1996). *Investigating effective physiological indicators in the evaluation of drought resistant wheat*. Master's thesis, Islamic Azad University of Karaj, page 43. (In Persian)
3. Barzegar, T., Delshad, M., Majd Abadi, A., Kashi, A., & Ghashghaie, J. (2011). Effect of water stress on growth, yield and some physiological parameters of Iranian melon. *Iranian Journal of Horticaltural Sciences*, *42*(2), 357-363. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.2008482.1390.42.4.5.2
4. Beyk Khurmizi, A., Ganjeali, A., Abrishamchi, P., & Parsa, M. (2013). Interactions of vermicomopst and salinity on some morphological, physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Iranian Journal of Pulses Research*, *4*(1), 81-98. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/ijpr.v1392i1.33752
5. Blum, A., Gozlan, G., & Mayer, J. (1981). The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding

germplasm. *Journal of Crop Science*, *21*(4), 495-499. http://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100040004x

6. Chinnusamy, V., Xiong, L., & Zhu, J.K. (2004). Use of genetic engineering and molecular biology approaches for crop improvement for stress environments, In: Abiotic stress: Plant resistance through breeding and molecular approaches (eds). *Food Products Press*, *264*, 47-107.
7. Colom, M.R., & Vazzana, C. (2003). Photosynthesis and PSII functionality of drought resistant and drought sensitive weeping lovegrass plants. *Environmental and Experimental Botany*, *49*(2), 135-144. http://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00065-5
8. Cornic, G., & Massaci, A. (1996). *Leaf photosynthesis under drought stress*. In Photosynthesis and the Environment, Ed. R. Barker. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands pp. 347-366.
9. Eshghi Zadeh, H., Kafi, M., Nezami, A., & Khosh Goftarmanesh, A. (2014). Effect of salinity on leaf water status, proline and total soluble sugar concentrations and activity of antioxidant enzymes in blue panic grass. *Journal of Science and Techniques of Greenhouse Cultivation*, *5*(2), 11-25. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.20089082.1393.5.2.2.6
10. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress, effects, mechanisms and management. *Sustainable Agriculture*, *29*(1), 185-212. http://doi.org/10.1051/agro:2008021
11. Farquhar, G.D., & Richards, R.A. (1984). Isotopic composition of plant carbon correlates with water use efficiency of wheat genotypes. *Australian Journal of Plant Physiology*, *11*(6), 539-552. http://doi.org/10.1071/PP9840539
12. Flexas, J.A., & Medrano, H. (2002). Drought inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. *Annals of Botany*, *89*, 183-189. http://doi.org/10.1093/aob/mcf027
13. Flexas, J.A., Diaz-Espejo, J., Galmes, R., Kaldenhoff, H., Medrano, A., & Ribas-Carbo, M. (2007). Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO_2 concentration around leaves. *Plant Cell and Environment*, *30*(10), 1284-1298. http://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01700.x
14. Heydariyan, N., Barzegar, T., Ghahremani, Z., & Nikbakht, J. (2018). The effect of drought stress on the yield and physiological and biochemical indicators of some native Iranian melon stands. *Journal of Plant Process and Function*, *7*(26), 209-222. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.23222727.1397.7.26.17.6
15. Hosseinzadeh, S.R., Cheniany, M., & Salimi, A. (2014). Effects of foliar application of methanol on physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research*, *5*(2), 71-82. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/ijpr.v1393i2.47031
16. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Journal of Photosynthetica*, *54*(1), 87-92. http://doi.org/10.1007/s11099-015-0162-x
17. Kuchaki, A., Soltani, A., Sharifi, H., & Kamali, Gh. (2001). The effects of climate change on the characteristics of growth, development and performance of sunflower and chickpea in the conditions of Tabriz. *Journal of Agricultural Sciences and Industries*, *15*(1), 155-164. (In Persian)
18. Li, R.H., Guo, P.G., Michael, B., Stefania, G., & Salvatore, C. (2006). Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agriculture Science China*, *5*(10), 751-757. http://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60120-X
19. Lotfi, H., Barzegar, T., & Nekoonam, F. (2017). Effect of water deficit stress on some physiological traits and water use efficiency of some Iranian melon landraces. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, *47*(4), 763-772. (In Persian with English abstract)
20. Morgan, J.M., Hare, R.A., & Fletcher, R.A. (1993). Genetic variation Genotypic variation of osmotic adjustment and desiccation toler in osmoregulation in bred and durum wheats and its relationship ance in contrasting sorghum inbred lines. *Field Crop Researches*, *35*(1), 51-62. http://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90136-B
21. Parkhideh, J., Barzegar, T., & Nekonam, F. (2018). Growth, yield and physiological responses of watermelon cv. Charleston Gray grafted on bitter apple (*Citrullus colocynthis* L.) rootstock under deficit irrigation stress. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, *49*(2), 539-550. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22059/ijhs.2017.233823.1258
22. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., & Haloday, A.S. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotype differing in drought resistance. *Journal of Crop Science*, *30*(1), 105-111. http://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x
23. Rohi, E., & Siosemardeh, A. (2008). Study on gas exchange in different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under moisture stress conditions. *Journal of Plant and Seed*, *23*(1), 45-62. (In Persian)
24. Sairam, R.K., Rao, K.V., & Srivastava, G.C. (2002). Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Journal of Plant Science*, *163*(5), 1037-1046. http://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00278-9
25. Sajjadinia, A., Ershadi, A., Hokmabadi, H., Khayyat, M., & Gholami, M. (2010). Gas exchange activities and relative water content at different fruit growth and developmental stages of on and off cultivated pistachio trees. *American Journal of Agricultural Economics*, *1*(1), 1-6.

26. Sanchez-Rodrıguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Rosales, M.A., Romero, L., & Ruiz, J.M. (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Journal of Plant Science, 178*(1), 30-40. http://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.10.001
27. Shafiee, H., Haghighi, M., Farhadi, A., & Ehtemam, M.H. (2019). The effect of salinity on physiological, biochemical and anatomical characteristics of different varieties of melon. *Journal of Plant Process and Function, 8*(33), 325-338. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.23222727.1398.8.33.12.2
28. Shao, H., Chu, L., Jaleel, C., & Zhao, C. (2008). Water deficit stress induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies, 331*(3), 215-225. http://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.01.002
29. Siosemardeh, A., Ahmadi, A., & Poustini, K. (2005). Stomatal and non-stomatal factors controlling photosynthesis and its relation to drought resistance in wheat cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 35, 93-106. (In Persian)
30. Soltani, F., Shajari, M., & Noory, H. (2018). Evaluation of growth, yield, and water use efficiency and evaporation transpiration of some watermelon accessions at drought stress conditions under different irrigation regimes. *Iranian Journal of Horticultural Sciences, 49*(2), 351-363. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22059/ijhs.2017.207658.1020
31. Taghadosinia, F., Ghahremani, Z., Barzegar, T., & Aelaei, M. (2020). Effect of deficit irrigation at different growth stages of two Iranian melon accessions on growth, yield, fruit quality and water use efficiency. *Iranian Journal of Horticultural Sciences, 51*(2), 503-515. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22059/ijhs.2019.272138.1567
32. Taize, L., & Zaiger, E. (2007). *ABA and drought adaptation*. Chapter 25. pp: 671-682.
33. Thomas, H. (1997). *Drought resistance in plants in mechanisms of environmental stress resistance in plant*. (Eds As Basra, RK Basra). pp: 1-42.
34. Turner, N.C., & Jones, M.M. (1980). *Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and evaluation, In: Adaptation of plants to water and high temperature stress*. New York: Wiley. pp: 87-103.
35. Turner, N.C., Toole, J.C.O., Cruz, R.T., Yambao, E.B., Ahmad, S., Namuco, O.S., & Dingkuhn, M. (1986). Responses of seven diverse rice cultivars to water deficit II Osmotic adjustment, leaf elasticity, leaf extension, leaf death, stomatal conductance and photosynthesis. *Journal of Field Crop Researches, 13*, 273-286.
36. Zeinali, N., Haghbeen, K., & Delshad, M. (2016). Water deficit effects on some physiological characteristics, sugars and proline as osmolytes in *Cucumis melo* Group. cantaloupensis cv. Samsoury. *Journal of Plant Process and Function, 5*(16), 105-116. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.23222727.1395.5.16.3.8
37. Zeinali, N., Delshad, M., Kashi, A., & Haghbeen, K. (2012). The effect of water stress on the yield and some quality characteristics of three genotypes of Dastanbo and cantaloupe in Iran. *Iranian Journal of Horticaltural Sciences, 43*(4), 403-410. (In Persian). http://doi.org/10.22059/ijhs.2012.29375